

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Oktober 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/091264 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:

H05H

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/003796

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BECKMANN, Rudolf  
[DE/DE]; Am Katzengraben 35, 63546 Hammersbach  
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

8. April 2004 (08.04.2004)

(74) Anwalt: POHLMANN, Bernd, Michael; Reinhardt &  
Pohlmann Partnerschaft, Günthersburgallee 40, 60316  
Frankfurt am Main (DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

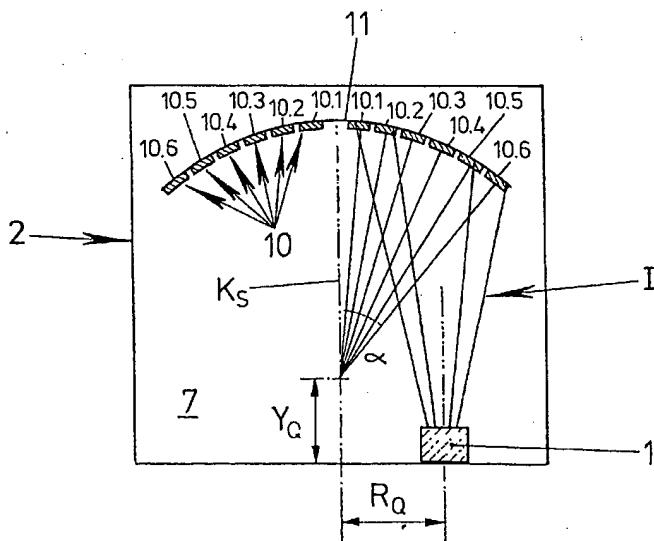
(30) Angaben zur Priorität:

103 17 027.8 11. April 2003 (11.04.2003) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HIGH FREQUENCY PLASMA JET SOURCE AND METHOD FOR IRRADIATING A SURFACE

(54) Bezeichnung: HOCHFREQUENZ-PLASMASTRAHLQUELLE UND VERFAHREN ZUM BESTRAHLEN EINER OBERFLÄCHE



(57) Abstract: The invention relates to a high frequency plasma jet source (1) comprising a space (3) for accommodating a plasma, electrical means (8, 9) for applying a voltage to said high frequency plasma jet source (1) so as to ignite and obtain the plasma, means (4) for extracting a plasma jet (I) from the plasma space (3), and an outlet port which is separated from the vacuum chamber (7) by means of an extraction grid (4). The plasma jet (I) emerges from the high frequency plasma jet source (1) with essentially divergent radiation characteristics. The invention further relates to a method for irradiating a surface with a plasma jet (I) of a high frequency plasma jet source, said plasma jet (I) being divergent.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/091264 A2



(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) mit einem Plasmaraum (3) für ein Plasma, elektrischen Mitteln (8, 9) zum Anlegen einer elektrischen Spannung an die Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) zum Zünden und Erhalten des Plasmas, Extraktionsmitteln (4) zum Extrahieren eines Plasmastrahls (1) aus dem Plasmaraum (3) sowie eine Austrittsöffnung, welche durch ein Extraktionsgitter (4) von der Vakuumkammer (7) getrennt ist. Der Plasmastrahl (1) tritt mit im wesentlichen divergenter Strahlungskarakteristik aus der Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) aus. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestrahlen einer Oberfläche mit einem Plasmastrahl (1) einer Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle, wobei der Plasmastrahl (1) divergent ist.

6/PR/5

10/552677

JC05 Rec'd PCT/PTO 10 OCT 2005

**Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle und Verfahren zum Bestrahlen einer  
Oberfläche**

Die Erfindung bezieht sich auf eine Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle sowie ein Verfahren zum Bestrahlen einer Oberfläche mit einem Plasmastrahl gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Bei Vakuumbeschichtungsverfahren von Substraten werden häufig so genannte Hochfrequenz-Plasmastrahlquellen eingesetzt. Ein Plasma enthält neben neutralen Atomen und/oder Molekülen Elektronen und positive Ionen als geladene Teilchen. Die geladenen Teilchen werden durch elektrische und/oder magnetische Felder gezielt beschleunigt und z. B. zum Abtragen einer Oberfläche oder zum Eintragen reaktiver Komponenten wie z. B. Sauerstoff in eine frisch aufwachsende Beschichtung eingesetzt und dergleichen mehr. Bekannt sind auch ionengestützte Verfahren, bei denen Material aus einer Materialquelle, typischerweise einer Verdampferquelle, verdampft wird und sich auf einem Substrat niederschlägt. Das auf dem Substrat aufwachsende Material wird mit einer reaktiven Komponente aus einem Plasma, beispielsweise Sauerstoff, beaufschlagt und bildet so z.B. eine Oxidschicht. Solche Verfahren sind z. B. bei der Herstellung transparenter Schichten für optische Anwendungen üblich. Dabei ist es auch von erheblicher Bedeutung, wie gleichmäßig der Plasmastrahl die Schicht beaufschlagt da die optischen Eigenschaften solcher Schichten in der Regel stark mit dem Sauerstoffgehalt variieren.

Bei der Herstellung dünner Schichten in der Mikroelektronik oder für optische Anwendungen wird in der Regel die Bereitstellung möglichst gleichmäßiger Schichtdicken und Schichteigenschaften, wie z. B der Brechwert der abgeschiedenen Schichten angestrebt. Im industriellen Einsatz werden dabei große Flächen und/oder viele Substrate gleichzeitig beschichtet, was die Problematik der Schichtdickenhomogenität erhöht. Besonders bei optischen Schichten werden Schichtdickenschwankungen über eine Fläche oder die Substrate einer Beschichtungscharge von allenfalls wenigen Prozent als tolerabel betrachtet.

Aus dem europäischen Patent EP 349 556 B1 ist eine Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle zur Sicherstellung eines möglichst großflächigen homogenen Beschusses von Oberflächen mit Atom- oder Molekülstrahlen einer hohen Parallelität bekannt. Die Öffnung der Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle ist dabei mit einem Extraktionsgitter versehen, welches eine geringe Maschenweite aufweist, um das Plasma nicht zu stören. Das Extraktionsgitter ist als Hochfrequenz führende Elektrode in Form eines geeignet konfigurierten Drahtnetzes oder in Form parallel verlaufender Drähte ausgeführt. Zwischen dem Plasma und dem Extraktionsgitter wird eine ionenbeschleunigende Potentialdifferenz erzeugt, die einen neutralen Plasmastrahl ermöglicht, der quer zur Strahlrichtung völlig homogen ist und keinerlei Modulationsstruktur aufweist. Um stets eine gute Ebenheit der Fläche des Extraktionsgitters aufrechtzuerhalten und eine nachteilige Beeinflussung des Plasmastrahls durch eine Verformung des Extraktionsgitters zu vermeiden, wird die Gitterhalterung des Extraktionsgitters der bekannten Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle mit einer Nachspannvorrichtung versehen. Es ist üblich, den Durchmesser der Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle zu vergrößern, um eine großflächigere Bestrahlung zu ermöglichen. Dies erhöht jedoch die Kosten und stößt zudem schnell an konstruktive Grenzen.

Bei Aufdampfprozessen wird eine Großzahl von Substraten gleichmäßig beschichtet, indem die Substrate auf einer Kalotte angeordnet sind. Hierbei wird eine besonders große Fläche gleichmäßig beschichtet.

Wenn die bekannte Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle zur großflächigen Abscheidung von Schichten auf Substraten verwendet wird, die auf einer solchen Kalotte oder anderen gekrümmten Flächen angeordnet sind, zeigt sich ferner, dass auch bei einer Vergrößerung des Durchmessers der Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle Einbußen bei der Homogenität der abgeschiedenen Schichtdicke und Schichteigenschaften hingenommen werden müssen. Dies hat zur Folge, dass eine großflächige Bestrahlung nicht mit der gewünschten Qualitätsanforderung erfolgen kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle, einer Vakuumkammer mit einer derartigen Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle sowie eines Verfahren zum Bestrahlen einer Oberfläche mit ei-

nem Plasmastrahl, die eine großflächige und hochqualitative Bestrahlung von Oberflächen ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Gemäß einem bevorzugten Aspekt der Erfindung wird entgegen der Lehre des Standes der Technik ein divergenter neutraler Plasmastrahl erzeugt.

Ein Vorteil der Erfindung ist, dass es durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle gelingt, auch auf Substraten, die auf einer Kalotte angeordnet sind, homogen großflächig Schichten abzuscheiden oder größere Flächen zu reinigen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle, insbesondere mit einem Plasmastrahl hoher Parallelität, die zur verbesserten Bestrahlung von Substraten, die auf einer Kalotte angeordnet sind, zumindest eine außerhalb eines Plasmaraums angeordnete Blende aufweist, mit der inhomogene Bereiche der Plasmastrahldichte auf der Kalotte bzw. den Substraten vermieden werden. Ebenso kann hierzu die Austrittsöffnung des Plasmaraums in Teilbereichen mit Blenden abgedeckt sein.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher beschrieben, aus denen sich auch unabhängig von der Zusammenfassung in den Patentansprüchen weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben.

Es zeigen in schematischer Darstellung:

Figur 1 eine Beschichtungskammer mit einer bevorzugten Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle,

Figur 2 Verteilungskurven einer  $\cos^n$ -Strahlcharakteristik,

Figur 3 die geometrischen Verhältnisse in der Beschichtungskammer aus Fig. 1, wobei Substrate auf einer Kalotte angeordnet sind,

Figur 4 Verteilungen eines Brechwertes von  $TiO_2$ -Schichten auf einer Kalotte,

Figur 5 den Einfluss der Größe der Austrittsöffnung einer Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle und der Strahldivergenz auf die Verteilung der Plasmastrahldichte auf einer Kalotte,

Figur 6 eine Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach dem Stand der Technik,

Figur 7 die Dicke der Raumladungszone in Abhängigkeit von der angelegten Extraktionsspannung,

Figur 8 die Dicke der Raumladungszone in Abhängigkeit von der Stromdichte bei einer festen Extraktionsspannung,

Figur 9 eine bevorzugte Ausgestaltung des Extraktionsgitters und

Figur 10 eine weitere bevorzugte Ausgestaltung des Extraktionsgitters.

Figur 1 zeigt schematisch eine Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle 1, im folgenden Hf-Plasmastrahlquelle genannt, mit einem divergenten neutralen Plasmastrahl I. Die Hf-Plasmastrahlquelle 1 ist topfartig ausgebildet und in einem Bereich einer als Beschichtungskammer 7 ausgebildeten Vakuumkammer angeordnet, die von einem Gehäuse 2 umgeben ist. Details der Beschichtungskammer 7 wie etwa übliche Vakuumpumpen, Gasversorgung, Substrathalterungen, Analytik etc. sind nicht dargestellt. Die Hf-Plasmastrahlquelle 1 weist einen Plasmaraum 3 auf, in dem ein Plasma gezündet wird, z. B. durch eine Hochfrequenzeinstrahlung. Zum Zünden und Aufrechterhalten des Plasmas sind elektrische Mittel 8, 9 vorgesehen, etwa ein Hochfrequenz-Sender 8 und elektrische Verbindungen 9. Weiterhin kann zumindest ein Magnet 5 vorgesehen sein, der in üblicher Weise zum Einschließen des Plasmas in dem Plasmaraum 3 eingesetzt wird. Für eine Gasversorgung der Hf-Plasmastrahlquelle 1 ist eine Zuführung 6 vorgesehen. Zum Extrahieren eines neutralen Plasmastrahls aus dem Plasma im Plasmaraum 3 ist in einem Bereich einer Austrittsöffnung ein Extraktionsgitter 4 mit vorzugsweise hoher Transmission ange-

ordnet. Der zur Transmission zur Verfügung stehende, insbesondere nicht abgedeckte Bereich der Fläche des Extraktiergitters 4, wird als Quellengröße bezeichnet. Im Allgemeinen wird die Quellengröße durch die Größe der Austrittsöffnung festgelegt. Eine derartige Quelle ist, allerdings mit einem planaren Extraktionsgitter und mit einem stark gerichteten Plasmastrahl, bereits aus der EP 349 556 B1 bekannt. Bevorzugt ist eine nach dem ECWR - Prinzip arbeitende Quelle mit einem Plasma relativ hoher Dichte.

Ein erfindungsgemäß divergenter Plasmastrahl I wird bevorzugt durch eine gezielte Wechselwirkung zwischen dem Plasma und dem Extraktionsgitter 4 bewirkt. Das Extraktionsgitter 4 ist dergestalt ausgebildet, dass der Plasmastrahl I eine im wesentlichen divergente Strahlcharakteristik aufweist. Details entsprechender Extraktionsgitter 4 sind in den Figuren 9 und 10 näher gezeigt.

Unter einem divergenten Plasmastrahl soll ein Plasmastrahl verstanden werden, der auch in zumindest einer Richtung senkrecht zur Hauptstrahlrichtung, d.h. der Richtung mit der höchsten Plasmastrahldichte, noch merklich abstrahlt. Üblicherweise wird die Hauptstrahlrichtung als Quellennormale bezeichnet. Eine Strahldivergenz lässt sich näherungsweise durch einen Exponenten  $n$  einer Cosinus-Verteilung beschreiben. Der Exponent  $n$  der Cosinus-Verteilung ist ein Maß für die Strahldivergenz. Je größer  $n$ , desto gerichteter ist der Plasmastrahl; je kleiner  $n$  ist, desto divergenter ist der Plasmastrahl. Eine detailliertere Abhandlung über derartige Verteilungsfunktionen ist bei G. Deppisch: "Schichtdickengleichmäßigkeit von aufgedampften Schichten in Theorie und Praxis", Vakuum Technik, 30. Jahrgang, Heft 3, 1981 zu finden. Fig. 2 zeigt Kurven von  $\cos^n$ -Verteilungen eines relativen Ionenstroms eines Plasmastrahls als Funktion des Winkels der Abstrahlung zur Quellennormalen für verschiedene Werte  $n$ . Es handelt sich bei dieser Verteilung um eine mathematisch berechnete Größe, die angibt, wie stark die Ionenstrahldichte vom Winkel abhängt. Es wird bei einem stark divergenten Strahl ( $n=1$ ) unter einem Winkel von z. B. 40° zur Quellennormalen noch 78% des Wertes erreicht, der in Richtung der Quellennormalen emittiert wird. Bei  $n=8$  wird unter diesem Winkel dagegen nur noch 13% emittiert. Bei einem Plasmastrahl mit  $n=16$  oder  $n=36$  ist bei einem Winkel von 40° praktisch kein Plasmastrahl vorhanden.

In Fig. 3 sind die geometrischen Verhältnisse in einer als Beschichtungskammer ausgebildeten Vakuumkammer 7 dargestellt. In der Beschichtungskammer 7 sind eine Mehrzahl von Substraten 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6 auf einer im wesentlichen kugelförmigen Kalotte 11 angeordnet. Die Kalotte 11 ist in Form eines Ausschnitts einer Kugelschale ausgebildet. Die Substrate 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6 sind jeweils auf Kreisen auf der Kalotte 11 abgelegt, d.h. jedes Bezugszeichen kennzeichnet eine Mehrzahl von Substraten, die auf dem jeweiligen Kreis auf der Kalotte 11 angeordnet sind. Die senkrecht gestrichelten Linien entsprechen der Richtung einer Quellennormalen, bzw. einer Parallelen dazu. Der innerste Kreis mit den Substraten 10.1 entspricht einem Kalottenwinkel  $\alpha$  von z. B.  $9^\circ$ , der nächste Kreis mit den Substraten 10.2 einem Winkel von  $\alpha = 14^\circ$ , der nächste Kreis mit den Substraten 10.3 einem Winkel von  $\alpha = 21^\circ$ , der nächste Kreis mit den Substraten 10.4 einem Winkel von  $\alpha = 27^\circ$ , der nächste Kreis mit den Substraten 10.5 einem Winkel von  $\alpha = 33^\circ$ , und der äußerste Kreis mit den Substraten 10.6 einem Winkel von  $\alpha = 39^\circ$ . Die Kalotte 11 kann während der Beschichtung rotieren, um eine bessere Schichtdickenhomogenität zu erlangen. Die Hf-Plasmastrahlquelle 1 ist im vorliegenden Fall versetzt zum Symmetriezentrum der Kalotte 11 angebracht, wobei  $R_Q$  den radialen Abstand der Quelle zur Symmetrie-Achse  $K_S$  der Kalotte 11 bezeichnet. Neben  $R_Q$  können insbesondere die Richtung der Quellennormalen und/oder der Abstand  $Y_Q$  variiert werden, um gezielt die Intensität des Plasmastrahls I auf den Substraten 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6 zu beeinflussen. Bevorzugt kann auch eine weitere Materialquelle in der Beschichtungskammer 7 vorgesehen sein, insbesondere eine Verdampfungsquelle. Zudem kann die Quelle unter einem Winkel Beta gegen die Richtung der Symmetriearchse gekippt werden. Bei anderen Ausbildungen der Erfindung kann die Oberfläche, auf der die Substrate angeordnet sind eine andere, vorzugsweise gekrümmte Form aufweisen.

Üblicherweise würde, um eine möglichst gleichmäßige großflächige Ausleuchtung der Kalotte 11 zu erreichen, eine Hf-Plasmastrahlquelle 1 mit einer möglichst großen Austrittsöffnung und einem gerichteten Plasmastrahl gewählt. Allerdings zeigen die praktischen Ergebnisse von Beschichtungsversuchen sowie Simulationsrechnungen, für eine derartige Anlagenkonfiguration, dass durch eine Vergrößerung der Austrittsöffnung nur bedingt eine ausreichende Homogenität der Schichtdicke der

auf den Substraten abgeschiedenen Beschichtungen erzielt wird. Eine Verbesserung der Beschichtungsqualität insbesondere der Schichtdickenhomogenität ist erfundungsgemäß jedoch durch Verwendung eines divergenten Plasmastrahls I möglich.

Fig. 4 zeigt Brechwertverteilungen von  $TiO_2$ -Schichten auf einer im wesentlichen kugelförmigen Kalotte. Dabei wurde mit einer Hf-Plasmastrahlquelle mit  $16 \leq n \leq 32$  und großer Austrittsöffnung in einer Beschichtungskammer 7 wie in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellt, Titandioxid  $TiO_2$  abgeschieden.  $TiO_2$  ist transparent und weist einen Brechwert auf, der von der Intensität des verwendeten Plasmastrahls abhängt. Die Austrittsöffnung der Hf-Plasmastrahlquelle weist eine Fläche von  $18.750\text{mm}^2$  auf. Bei einer homogenen Bestrahlung der Kalotte 11 müsste der optische Brechwert homogen über der Kalotte 11 sein. Ohne Plasmabestrahlung liegt der Brechwert bei etwa 2,2 und erreicht bei sehr hohen Strahldichten des Plasmastrahls einen Wert bis zu 2,4. Die Messergebnisse in Fig. 4 zeigen, dass aufgrund der Variation der Plasmastrahldichte der Brechwert bei einer Beschichtung auf den Positionen 1 und 6 um etwa 30% geringer ist als auf den Positionen 2 bis 5, wobei die Positionen den erwähnten Kreisen 10.1,..... auf der Kalotte 11 in Fig. 2 und den zugeordneten Winkel auf der Kalotte 11 entsprechen.

Fig. 5 zeigt Ergebnisse einer Simulationsrechnung über den Einfluss der Größe der Austrittsöffnung einer Hf-Plasmastrahlquelle sowie der Strahldivergenz auf die Verteilung der Plasmastrahldichte auf einer Kalotte. Bei einer Hf-Plasmastrahlquelle mit  $n=16$  und einer relativ kleinen Austrittsöffnung (nur 1/10 der Fläche wie in Fig. 4) ist die Plasmastrahldichte am stärksten vom Kalottenwinkel abhängig (oberste Kurve). Bei einer Hf-Plasmastrahlquelle mit gleicher Divergenz von  $n=16$ , aber einer größeren Austrittsöffnung, ist die Winkelabhängigkeit etwas geringer. Die Kurven mit  $n=8$  und  $n=4$  sind ebenso mit der kleinen Austrittsöffnung gerechnet. Es ist deutlich erkennbar, dass mit zunehmender Divergenz, d.h. abnehmendem Exponenten  $n$ , die Plasmastrahldichte weniger mit dem Kalottenwinkel variiert. Damit nimmt die Homogenität des Plasmastrahls über der Kalotte zu.

Ein divergenter Plasmastrahl I ermöglicht auf einfache Weise eine homogene großflächige Bestrahlung der Kalotte 11. Bei einer Abscheidung von Material auf einem

Substrat und/oder einer Bestrahlung des Substrats mit einem Plasmastrahl, z. B. zur Modifizierung des Substrates führt ein divergenter Plasmastrahl zu wesentlich homogeneren Ergebnissen als eine konventionelle Lösung mit einer Hf-Plasmastrahlquelle mit größerer Austrittsöffnung und einem Plasmastrahl hoher Parallelität. Bei einer planaren Oberfläche ist bei einem divergenten Plasmastrahl eine geringere Homogenität der Bestrahlung zu erwarten, die jedoch für viele Anwendungen, wie beispielsweise die Reinigung von Oberflächen noch ausreichend ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestrahlung einer Oberfläche wird ein Plasmastrahl I einer Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle mit einer hohen Strahldivergenz, vorzugsweise mit einem Divergenzmaß von höchstens  $n=16$ , besonders  $n=4$  und  $n=10$ , verwendet, wobei  $n$  ein Exponent der Cosinus-Verteilungsfunktion  $\cos^n$  ist, welcher die Strahldivergenz beschreibt. Ein Plasmastrahl I mit dieser Strahlcharakteristik ermöglicht beispielsweise eine Plasmastrahldichte hoher Homogenität auf den Substraten 10.1,...auf der Kalotte 11 und modifiziert eine Beschichtung und/oder führt Komponenten, beispielsweise Sauerstoff, zu.

Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf Hf- Plasmastrahlquellen beschränkt ist, deren divergente Strahlcharakteristik durch eine Cosinus-Verteilungsfunktion charakterisiert werden kann, sondern jede geeignete gezielte divergente Strahlcharakteristik umfasst.

Eine gewünschte divergente Strahldivergenz lässt sich zweckmäßigerweise gezielt durch konstruktive Ausgestaltung der Hf-Plasmastrahlquelle 1 erreichen. Dabei wird vorzugsweise das Extraktionsgitter 4 im Bereich der Austrittsöffnung der Hf-Plasmastrahlquelle 1 gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Ausbildungsformen modifiziert. Es werden drei Möglichkeiten bevorzugt. Das Extraktionsgitter 4 weist Maschen mit einer großen Maschenweite auf oder es ist nicht planar, sondern zum Plasma hin konkav oder konvex ausgebildet. Ferner kann das Extraktionsgitter 4 eine konkave oder konvexe Form sowie Maschen mit großer Maschenweite aufweisen. Das Extraktionsgitter 4 besteht bevorzugt aus einem Wolframnetz mit einer Drahtstärke von etwa 0,02 – 3 mm, besonders bevorzugt 0,1 – 1 mm. Bevorzugt ist es, wenn zumindest ein Teilbereich der Fläche des Extraktionsgitters

einen Ausschnitt aus der Mantelfläche eines zylinderartigen, insbesondere zylinderförmigen Raumkörpers ist. Beispielsweise kann das Extraktionsgitter 4 eine rechteckförmige Grundfläche haben, die einer entsprechend ausgebildeten Austrittsöffnung der Hf-Plasmastrahlquelle 1 entspricht. Bei einem zylinderförmigen Raumkörper kann die Längsachse des Zylinders parallel zu einer der Seiten des Rechtecks angeordnet sein. Durch die Wölbung des Zylindermantels wird jeweils eine konkave bzw. konvexe Form gegenüber dem Plasma verwirklicht.

Zum Vergleich zeigt Fig. 6 schematisch eine Hf-Plasmastrahlquelle 1 mit einem planaren Extraktionsgitter 4 im Bereich einer Austrittsöffnung und einem Plasmastrahl I mit hoher Parallelität nach dem Stand der Technik. Die Plasmarandschicht am Extraktionsgitter 4 ist im wesentlichen planar. Nach allgemeiner Lehre, wie beispielsweise aus der EP 349 556 B1 bekannt, ist das Extraktionsgitter 4 so feinmaschig ausgebildet, dass das Plasma nicht davon beeinflusst wird. Die Maschenweite wird daher kleiner als die Dicke der Raumladungszone zwischen Extraktionsgitter 4 und Plasma gewählt.

Die Dicke  $d$  der Raumladungszone kann aus Textbüchern entnommen werden. Danach hängt die Dicke  $d$  von der Stromdichte  $j$  und dem Spannungsabfall  $U$  zwischen dem Plasmarand und dem Extraktionsgitter 4 ab:

$$d = \sqrt{\frac{4\epsilon_0}{9 \cdot j}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2 \cdot e}{m_{ion}}} \cdot U^{\frac{3}{4}}$$

mit  $\epsilon_0$ : Dielektrizitätskonstante des Vakuums

$e$ : Elementarladung

$m_{ion}$ : Masse der beteiligten Ionen

$U$ : Spannungsabfall zwischen dem Plasmarand und dem Extraktionsgitter 4 (entspricht der Extraktionsspannung)

Zur Bestimmung einer erfindungsgemäßen vergrößerten Maschenweite des Extraktionsgitters 4 wird wie folgt vorgegangen.

- 10 -

Für einen Ionenstrom von  $10 \text{ A/m}^2$ , der einen üblichen Wert für den Betrieb derartiger Beschichtungsanlagen darstellt, wurde bei einer Hf-Plasmastrahlquelle mit einer Austrittsöffnung von  $0,1 \text{ m}^2$  die Dicke  $d$  der Raumladungszone berechnet. Dies ist in Fig. 7 dargestellt. Die Dicke  $d$  der Raumladungsschicht steigt demnach mit zunehmendem Spannungsabfall an und variiert zwischen 0,5 mm bis zu 2,5 mm bei einem Spannungsabfall zwischen ca. 50 und ca. 370 Volt. Die Dicke  $d$  in einem bevorzugten Spannungsbereich zwischen 50 und 200 Volt ist deutlich kleiner als 2 mm.

Betrachtet man die Abhängigkeit der Dicke  $d$  der Raumladungszone von der Ionenstromdichte bei fester Extraktionsspannung, z. B. bei 150 Volt, ergibt sich die in Fig. 8 dargestellte Kurve. Die Dicke der Raumladungsschicht  $d$  fällt bei fester Extraktionsspannung mit steigender Stromdichte. In einem bevorzugten Bereich zwischen 4  $\text{A/m}^2$  und 25  $\text{A/m}^2$  ist die Dicke  $d$  der Raumladungszone geringer als 2 mm.

Fig. 9 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Plasmastrahlquelle 1 mit einer bevorzugten Ausgestaltung eines Extraktionsgitters 4 mit Maschen mit vergrößerter Maschenweite. Ist die Maschenweite größer als die Dicke  $d$  der Raumladungszone, so verformt sich die Plasmarandschicht in diesem Bereich, wie durch die wellige Kurve unterhalb des Extraktionsgitters 4 angedeutet ist. Dies führt zu einer erhöhten Divergenz des Plasmastrahls 1. Sinnvollerweise sollte die Maschenweite noch klein genug sein, damit das Plasma nicht merklich durch die Austrittsöffnung entweicht. Zweckmäßigerweise beträgt die Maschenweite bevorzugt höchstens 30 mm, besonders vorzugsweise höchstens 20 mm, insbesondere, wenn die Dicke der Raumladungzone in einem Bereich zwischen 0,5 und 2,5 mm liegt.

Fig. 10 zeigt schematisch eine weitere bevorzugte Ausgestaltung eines Extraktionsgitters 4, welches nicht planar, sondern konkav vom Plasmaraum 3 ausgesehen, ausgebildet ist. Dadurch bildet sich eine gekrümmte Plasmarandschicht aus, und der austretende Plasmastrahl 1 zeigt eine divergente Strahlungscharakteristik. Hier kann die Maschenweite des Extraktionsgitters 4 auch relativ klein, insbesondere geringer als die Dicke der Raumladungszone gewählt werden. Das Extraktionsgitter 4 kann auch konvex ausgebildet sein.

Bei einer weiteren Ausführungsform kann das Extraktionsgitter 4 über zumindest einen Teilbereich seiner Fläche inhomogen ausgebildet sein. Hierzu kann beispielsweise eine Maschenweite variiert werden, so dass zum Rand hin eine geringere Maschenweite vorgesehen ist. Ferner können zur Modulation des Plasmastrahls außerhalb des Plasmaraums 3 eine oder mehrere Blenden vorgesehen sein. Ebenso kann die Austrittsöffnung in Teilbereichen mit Blenden abgedeckt sein und damit sonst inhomogen bestrahlte Bereiche der Oberfläche ausgeblendet werden. Die Blenden können zusätzlich mit einem elektrischen Potential beaufschlagt sein, um den Plasmastrahl zusätzlich zu modulieren.

In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung kann eine aus der EP 349 556 B1 an sich bekannte Hf-Plasmastrahlquelle mit einem planaren Extraktionsgitter zur Bestrahlung von auf einer Kalotte angeordneten Substraten verwendet werden, wobei jedoch in einem Raumbereich außerhalb des Plasmaraums der Quelle zumindest eine Blende angeordnet ist. Diese Blende moduliert den Plasmastrahl derart, dass die ansonsten inhomogen bestrahlten Bereiche auf der Kalotte von der Bestrahlung ausgenommen werden. Dies kann ebenso durch die Abdeckung von Teilbereichen der Austrittsöffnung erfolgen. Die Form der verwendeten Blenden wird vorzugsweise empirisch anhand der erreichten Bestrahlungsergebnisse bestimmt. Zusätzlich ist vorgesehen, dass die Blenden mit einem elektrischen Potential zur Modulation des Plasmastrahls beaufschlagt sind.

## BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle
- 2 Gehäuse
- 3 Plasmaraum
- 4 Extraktionsgitter
- 5 Magnet
- 6 Gas-Zuführung
- 7 Beschichtungskammer
- 8 Hochfrequenz-Sender
- 9 Elektrische Verbindung
- 10 Substrate
- 11 Kalotte

I Plasmastrahl  
K<sub>s</sub> Kalottensymmetriearchse  
α Kalottenwinkel  
R<sub>Q</sub> Radialer Abstand Quelle – Symmetriearchse  
Y<sub>Q</sub> Vertikaler Abstand Quelle – Symmetriezentrum

## PATENTANSPRÜCHE

1. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle mit einem Plasmaraum (3) für ein Plasma, elektrischen Mitteln (8, 9) zum Zünden und Erhalt des Plasmas, einem auf einem Hochfrequenz – Potenzial liegendem Extraktionsgitter (4) zum Extrahieren eines Plasmastrahls (1) aus dem Plasmaraum (3) sowie einer Austrittsöffnung, vorzugsweise zu einer Vakuumkammer (7), wobei das Extraktionsgitter (4) im Bereich der Austrittsöffnung angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass der Plasmastrahl (1) im wesentlichen divergent ausgebildet ist.**
2. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass die Divergenz des Plasmastrahls (1) durch eine gezielte Wechselwirkung zwischen dem Plasma und dem Extraktionsgitter (4) bewirkt ist.**
3. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass zur Erreichung einer hohen Homogenität der Plasmastromdichte auf zumindest einem Teilbereich einer Oberfläche, der Plasmastrahl (1) der Form von zumindest einem Teilbereich der Oberfläche angepasst ist.**
4. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass das Extraktionsgitter (4) vom Plasmaraum (3) aus gesehen konkav oder konvex ausgebildet ist, wobei vorzugsweise zumindest ein Teilbereich der Fläche des Extraktionsgitter ein Ausschnitt aus der Mantelfläche eines zylinderartigen Raumkörpers ist.**
5. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass das Extraktionsgitter (4) über zumindest einen Teilbereich seiner Fläche inhomogen ausgebildet ist.**
6. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine außerhalb des Plasmaraums (3) angeordnete Blende vorgesehen ist.**

7. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung in Teilbereichen mit Blenden abgedeckt ist.**
8. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass das Extraktionsgitter (4) Maschen mit einer Maschenweite aufweist, die geringer ist als die Dicke der Raumladungszone zwischen Extraktionsgitter (4) und dem Plasma im Plasmaraum (3).**
9. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass das Extraktionsgitter (4) Maschen mit einer Maschenweite aufweist, die zumindest so groß ist wie eine Dicke einer Raumladungszone zwischen dem Extraktionsgitter (4) und dem Plasma im Plasmaraum (3).**
10. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass Extraktionsgitter (4) Maschen mit einer Maschenweite aufweist, die höchstens so groß ist, dass das Plasma noch im wesentlichen im Plasmaraum (3) verbleibt.**
11. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle mit einem Plasmaraum (3) für ein Plasma, elektrischen Mitteln (8, 9) zum Zünden und Erhalt des Plasmas, einem auf einem Hochfrequenz-Potential liegendem planaren Extraktionsgitter (4) zum Extrahieren eines Plasmastrahls (1) aus dem Plasmaraum (3) sowie einer Austrittsöffnung, vorzugsweise zu einer Vakuumkammer (7), wobei das Extraktionsgitter (4) im Bereich der Austrittsöffnung angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass der Plasmastrahl eine hohe Parallelität aufweist, und dass zumindest eine außerhalb des Plasmaraums (3) angeordnete Blende vorgesehen ist mit der der Plasmastrahl (1) zur Erreichung einer hohen Homogenität der Plasmastrahldichte auf zumindest einem Teilbereich der Oberfläche einer Kalotte (11) modulierbar ist.**

12. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Modulierung des Plasmastrahls (1) zumindest eine Blende mit einem elektrischen Potential beaufschlagt ist.
13. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer Beschichtungskammer (7), der Austrittsöffnung im wesentlichen gegenüberliegend, eine gekrümmte Oberfläche, vorzugsweise eine Kalotte (11), mit Substraten (10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6) angeordnet ist.
14. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zur Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) eine Verdampfungsquelle vorgesehen ist.
15. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Extraktionsgitter (4) aus einem Wolframnetz mit einer Drahtstärke von etwa 0,02 – 3 mm, bevorzugt 0,1 – 1 mm, gebildet ist.
16. Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Magnet (5) zur Einschließung des Plasmas im Bereich des Plasmaraums (3) vorgesehen ist.
17. Vakuumkammer mit einem Gehäuse (2), einer Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle und einer zu bestrahlenden Oberfläche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.
18. Vakuumkammer nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu bestrahlende Oberfläche gekrümmt, vorzugsweise eine Kalotte (11) ist und ein oder mehrere Substrate (10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6) umfasst.

19. Verfahren zum Bestrahlen einer Oberfläche mit einem Plasmastrahl einer Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle **dadurch gekennzeichnet, dass** ein divergenter Plasmastrahl (I) verwendet wird und die Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle nach zumindest einem der Ansprüche 1-16 ausgebildet ist.
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Plasmastrahl (I) eine Strahlcharakteristik mit einem Divergenzmaß von höchstens  $n = 16$ , bevorzugt  $n=4$  aufweist, wobei  $n$  ein Exponent einer Cosinus-Verteilungsfunktion ist.
21. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 und 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlcharakteristik des Plasmastrahls (I) durch eine gezielte Wechselwirkung zwischen dem Plasma und dem Extraktionsgitter (4) bewirkt wird.
22. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine gezielte Wechselwirkung zwischen einem extrahierten Plasma und zumindest einer außerhalb des Plasmaraums (3) angeordneten Blende eingesetzt wird.
23. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erreichung einer hohen Homogenität der Plasmastrahl-dichte auf zumindest einen Teilbereich einer Oberfläche die Strahlcharakteristik des Plasmastrahls (I) an zumindest einen Teilbereich der bestrahlten Oberfläche angepasst wird.
24. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine gekrümmte Oberfläche, vorzugsweise eine Kalotte (11), vorgesehen ist.
25. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das Bestrahlen der Oberfläche eine Beschichtung der Oberfläche erfolgt.

- 17 -

26. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das Bestrahlen der Oberfläche eine Modifizierung und/oder Reinigung der Oberfläche erfolgt.

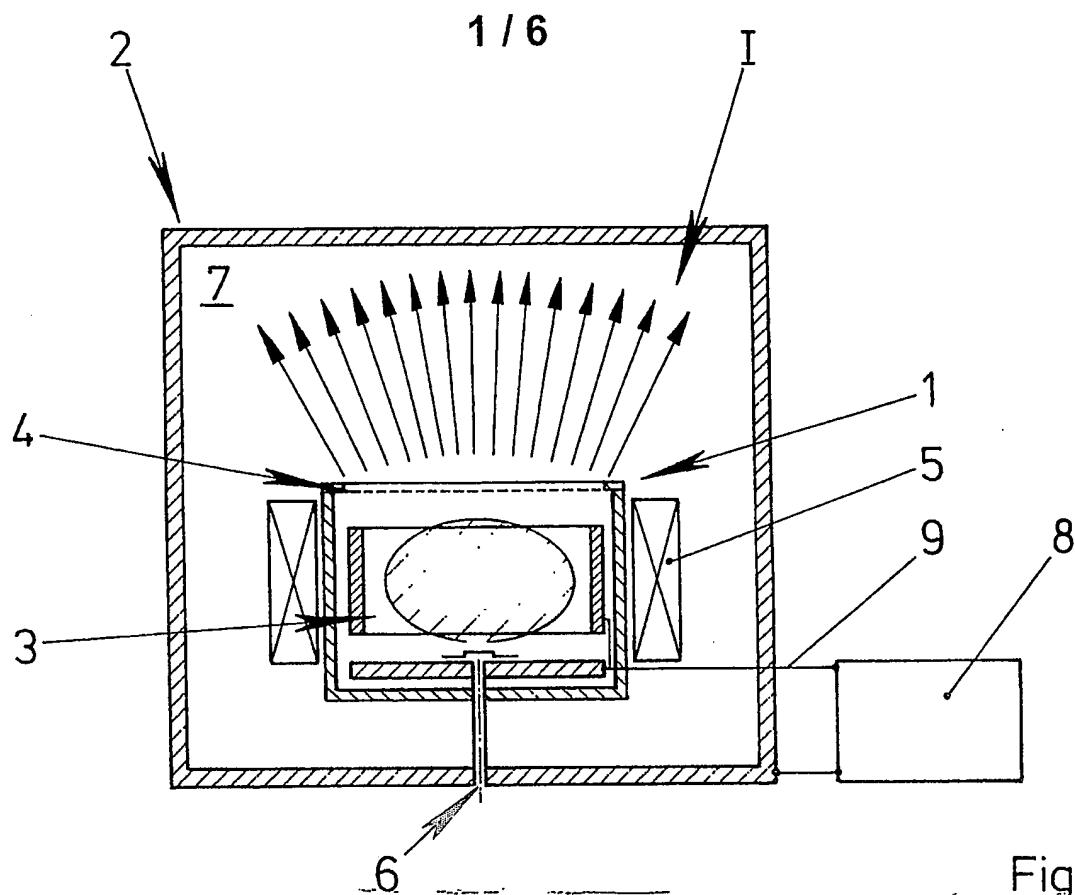


Fig. 1

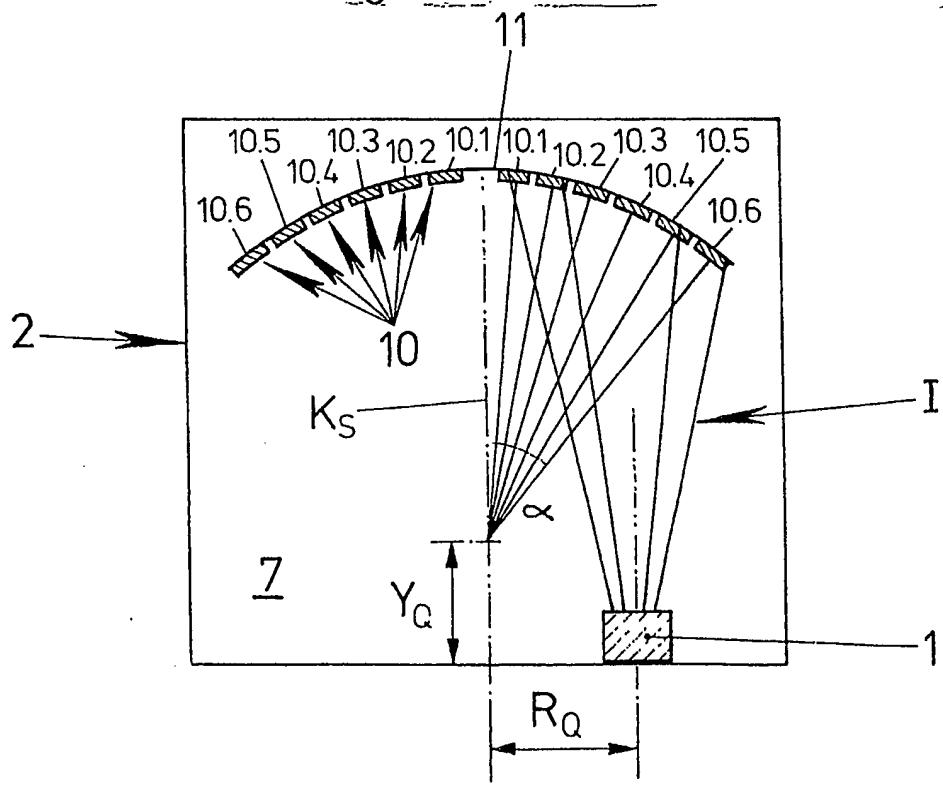


Fig. 3

2 / 6

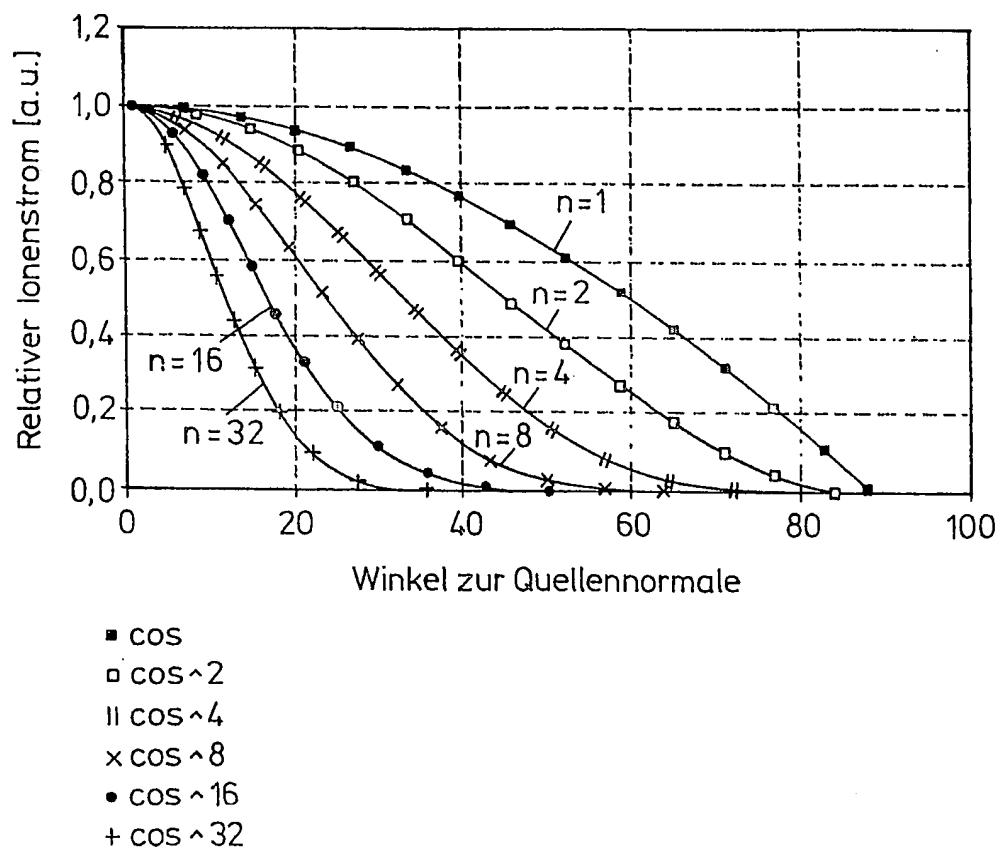


Fig. 2

3 / 6

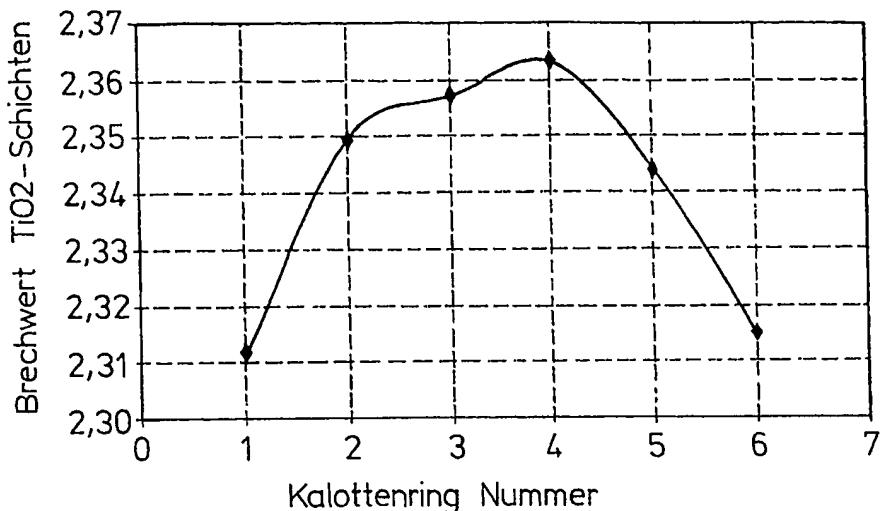


Fig. 4

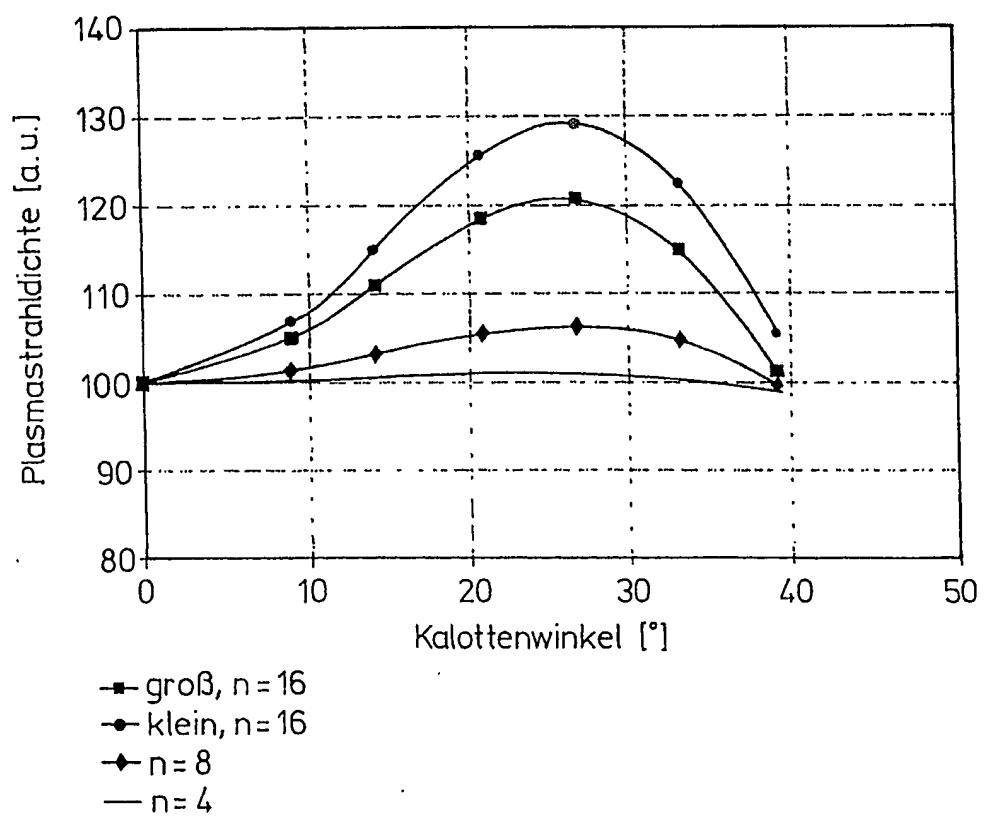


Fig. 5

4 / 6

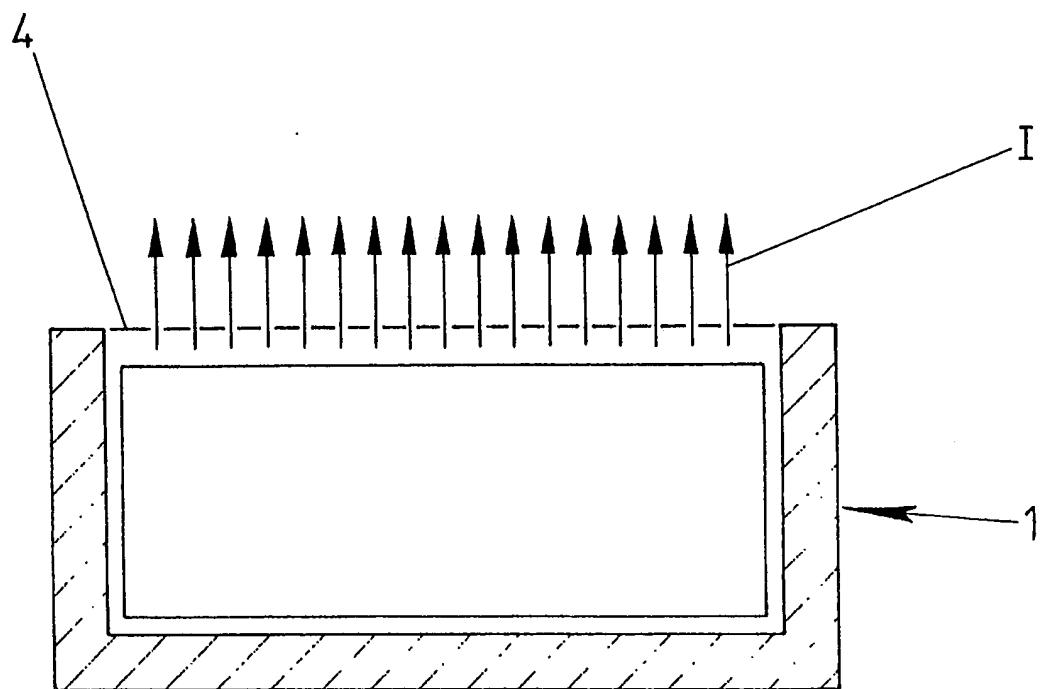


Fig. 6

5 / 6

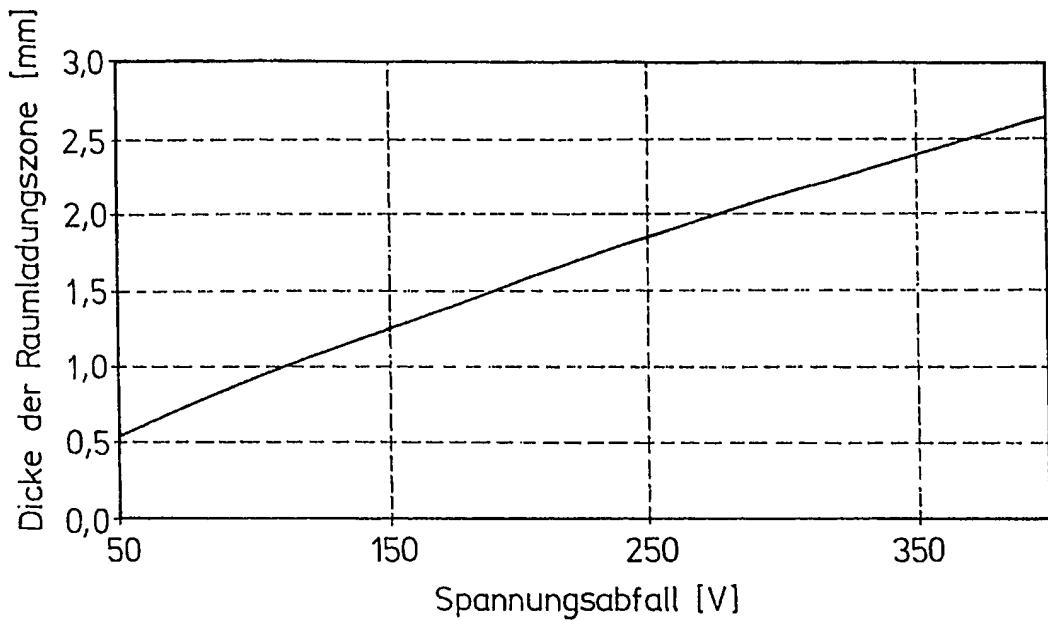


Fig. 7

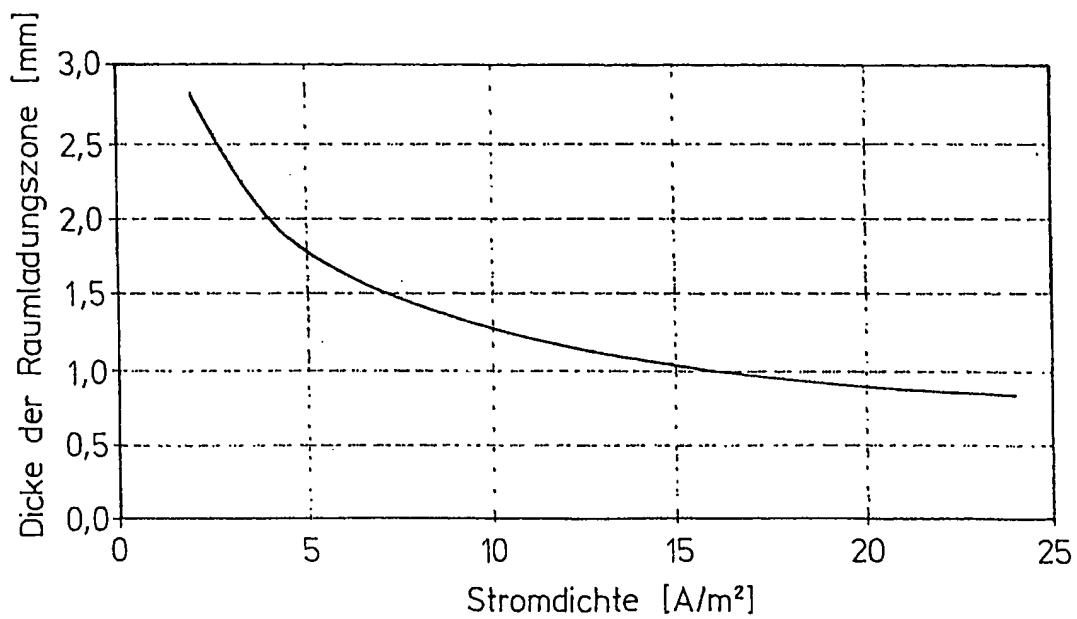


Fig. 8

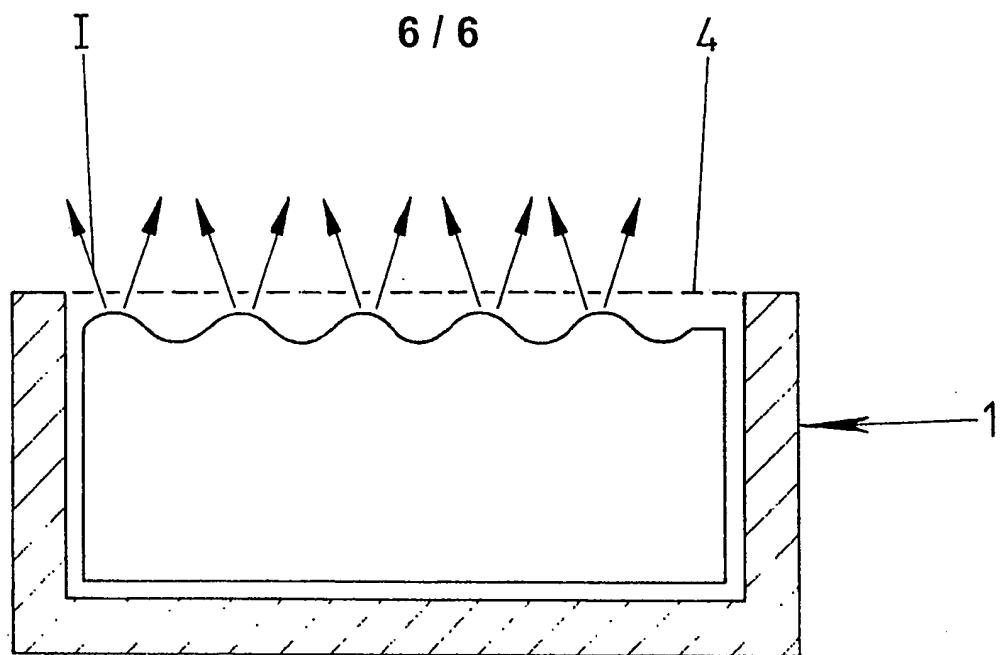


Fig. 9

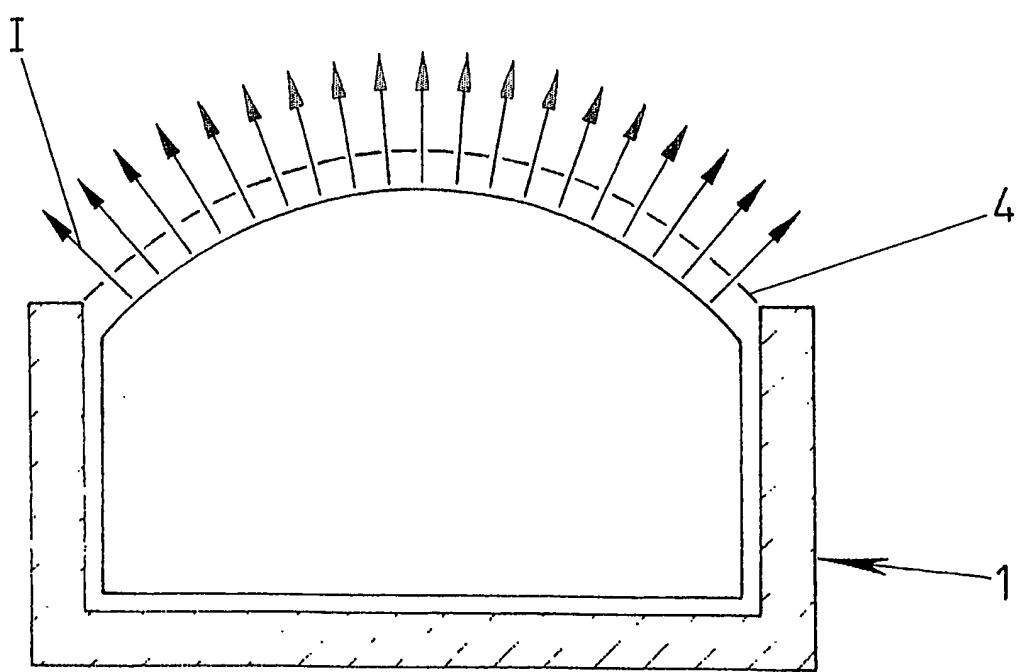


Fig. 10

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Oktober 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/091264 A3

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01J 37/32

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/003796

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BECKMANN, Rudolf  
[DE/DE]; Am Katzengraben 35, 63546 Hammersbach  
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. April 2004 (08.04.2004)

(74) Anwalt: POHLMANN, Bernd, Michael; Reinhardt &  
Pohlmann Partnerschaft, Günthersburgallee 40, 60316  
Frankfurt am Main (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

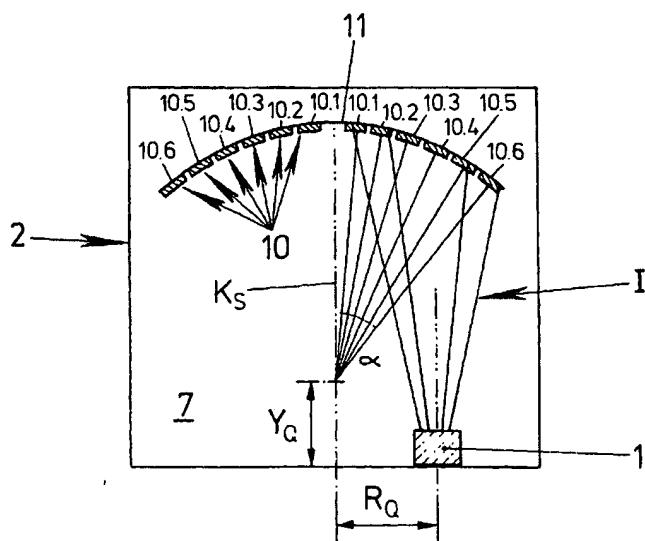
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(30) Angaben zur Priorität:  
103 17 027.8 11. April 2003 (11.04.2003) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HIGH FREQUENCY PLASMA JET SOURCE AND METHOD FOR IRRADIATING A SURFACE

(54) Bezeichnung: HOCHFREQUENZ-PLASMASTRAHLQUELLE UND VERFAHREN ZUM BESTRAHLEN EINER OBERFLÄCHE



(57) Abstract: The invention relates to a high frequency plasma jet source (1) comprising a space (3) for accommodating a plasma, electrical means (8, 9) for applying a voltage to said high frequency plasma jet source (1) so as to ignite and obtain the plasma, means (4) for extracting a plasma jet (I) from the plasma space (3), and an outlet port which is separated from the vacuum chamber (7) by means of an extraction grid (4). The plasma jet (I) emerges from the high frequency plasma jet source (1) with essentially divergent radiation characteristics. The invention further relates to a method for irradiating a surface with a plasma jet (I) of a high frequency plasma jet source, said plasma jet (I) being divergent.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/091264 A3



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des Internationalen Recherchenberichts: 10. März 2005

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht

---

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) mit einem Plasmaraum (3) für ein Plasma, elektrischen Mitteln (8, 9) zum Anlegen einer elektrischen Spannung an die Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) zum Zünden und Erhalten des Plasmas, Extraktionsmitteln (4) zum Extrahieren eines Plasmastrahls (1) aus dem Plasmaraum (3) sowie eine Austrittsöffnung, welche durch ein Extraktionsgitter (4) von der Vakuumkammer (7) getrennt ist. Der Plasmastrahl (1) tritt mit im wesentlichen divergenter Strahlungscharakteristik aus der Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle (1) aus. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestrahlen einer Oberfläche mit einem Plasmastrahl (1) einer Hochfrequenz-Plasmastrahlquelle, wobei der Plasmastrahl (1) divergent ist.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/003796

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01J37/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 349 556 B (OECHSNER HANS) 18 November 1993 (1993-11-18) cited in the application	1-3, 5, 8-10, 16, 17, 19, 21, 23, 25, 26
Y	figures 2-7  column 1, line 3 - line 7 column 4, line 13 - column 5, line 24 column 8, line 27 - column 9, line 16 ----- -/-	4, 6, 7, 11, 13, 18, 20, 22, 24

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

2 November 2004

Date of mailing of the International search report

08/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tano, V

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/003796

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 25, 12 April 2001 (2001-04-12) -& JP 2001 210245 A (SHINCRON:KK), 3 August 2001 (2001-08-03) abstract; figures 1,2,9 paragraphs '0004!, '0019!, '0034!	4,13,18, 20,24
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0142, no. 39 (E-0930), 21 May 1990 (1990-05-21) & JP 2 065230 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 5 March 1990 (1990-03-05) abstract	6,7,11, 22
A	US 4 401 054 A (YAMAZAKI SHINICHI ET AL) 30 August 1983 (1983-08-30) abstract; figures 3,6 column 3, line 15 - line 57 column 6, line 26 - column 8, line 53 column 13, line 66 - column 14, line 20	1,19
A	US 5 036 252 A (LOEB HORST) 30 July 1991 (1991-07-30) column 1, line 5 - line 13; figures 1,3 column 3, line 26 - line 35 column 5, line 66 - column 6, line 48 column 7, line 55 - line 42	1,5,16, 19

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

 International Application No  
 PCT/EP2004/003796

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 0349556	B	10-01-1990		DE 3708717 A1 AT 97515 T AU 1421388 A DE 3885739 D1 WO 8807262 A1 DK 642988 A EP 0349556 A1 JP 2502593 T JP 2771205 B2 US 5156703 A		29-09-1988 15-12-1993 10-10-1988 23-12-1993 22-09-1988 17-11-1988 10-01-1990 16-08-1990 02-07-1998 20-10-1992
JP 2001210245	A	03-08-2001		NONE		
JP 2065230	A	05-03-1990		NONE		
US 4401054	A	30-08-1983		JP 1517161 C JP 57133636 A JP 63067332 B JP 1592577 C JP 56155535 A JP 62043335 B CA 1159012 A1 DE 3117252 A1 FR 2481838 A1 GB 2076587 A , B NL 8102172 A , B,		07-09-1989 18-08-1982 26-12-1988 14-12-1990 01-12-1981 12-09-1987 20-12-1983 12-08-1982 06-11-1981 02-12-1981 01-12-1981
US 5036252	A	30-07-1991		EP 0339554 A2 JP 2065033 A		02-11-1989 05-03-1990

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/003796

A. KLASSEIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01J37/32

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 349 556 B (OECHSNER HANS) 18. November 1993 (1993-11-18) in der Anmeldung erwähnt	1-3,5, 8-10,16, 17,19, 21,23, 25,26
Y	Abbildungen 2-7  Spalte 1, Zeile 3 - Zeile 7 Spalte 4, Zeile 13 - Spalte 5, Zeile 24 Spalte 8, Zeile 27 - Spalte 9, Zeile 16  ----- -/-	4,6,7, 11,13, 18,20, 22,24

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die gezeigt ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

2. November 2004

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

08/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tano, V

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/003796

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 25, 12. April 2001 (2001-04-12) -& JP 2001 210245 A (SHINCRON:KK), 3. August 2001 (2001-08-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,9 Absätze '0004!, '0019!, '0034! -----	4,13,18, 20,24
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0142, Nr. 39 (E-0930), 21. Mai 1990 (1990-05-21) & JP 2 065230 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 5. März 1990 (1990-03-05) Zusammenfassung -----	6,7,11, 22
A	US 4 401 054 A (YAMAZAKI SHINICHI ET AL) 30. August 1983 (1983-08-30) Zusammenfassung; Abbildungen 3,6 Spalte 3, Zeile 15 - Zeile 57 Spalte 6, Zeile 26 - Spalte 8, Zeile 53 Spalte 13, Zeile 66 - Spalte 14, Zeile 20 -----	1,19
A	US 5 036 252 A (LOEB HORST) 30. Juli 1991 (1991-07-30) Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 13; Abbildungen 1,3 Spalte 3, Zeile 26 - Zeile 35 Spalte 5, Zeile 66 - Spalte 6, Zeile 48 Spalte 7, Zeile 55 - Zeile 42 -----	1,5,16, 19

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

 Internationale Aktenzeichen  
 PCT/EP2004/003796

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0349556	B	10-01-1990	DE	3708717 A1	29-09-1988	
			AT	97515 T	15-12-1993	
			AU	1421388 A	10-10-1988	
			DE	3885739 D1	23-12-1993	
			WO	8807262 A1	22-09-1988	
			DK	642988 A	17-11-1988	
			EP	0349556 A1	10-01-1990	
			JP	2502593 T	16-08-1990	
			JP	2771205 B2	02-07-1998	
			US	5156703 A	20-10-1992	
JP 2001210245	A	03-08-2001		KEINE		
JP 2065230	A	05-03-1990		KEINE		
US 4401054	A	30-08-1983	JP	1517161 C	07-09-1989	
			JP	57133636 A	18-08-1982	
			JP	63067332 B	26-12-1988	
			JP	1592577 C	14-12-1990	
			JP	56155535 A	01-12-1981	
			JP	62043335 B	12-09-1987	
			CA	1159012 A1	20-12-1983	
			DE	3117252 A1	12-08-1982	
			FR	2481838 A1	06-11-1981	
			GB	2076587 A ,B	02-12-1981	
			NL	8102172 A ,B,	01-12-1981	
US 5036252	A	30-07-1991	EP	0339554 A2	02-11-1989	
			JP	2065033 A	05-03-1990	